

CAMPURAN UNSUR ADHETIVE PADA BAJA ALLOY SEBAGAI BAHAN DASAR SISTEM KEKERASAN PELINDUNG KENDARAAN LAPIS BAJA

THE MIXTURE OF ADHESIVE ELEMENTS ON ALLOY STEEL AS BASIC MATERIAL OF PROTECTIVE VIOLENCE SYSTEM FOR ARMORED VEHICLE

Sovian Aritonang, Andjar Hari Bowo, Riyadi Juhana

Program Studi Industri Pertahanan
Fakultas Teknologi Pertahanan - Universitas Pertahanan
(soviaan.aritonang@idu.ac.id, andjar.bowo@tp.idu.ac.id,
dan riyadi.juhana@tp.idu.ac.id)

Abstrak – Besi merupakan bahan dasar yang banyak dipergunakan sebagai bahan logam di dunia yang mencakup hampir sebagian besar peruntukannya adalah memenuhi kebutuhan umat manusia. Hal ini bisa terlihat antara lain dapat digunakan untuk pembuatan mobil, kapal, mesin, serta komponen struktur bangunan dan lain-lainnya, akan tetapi apabila dilihat dari segi pembiayaan untuk pembuatannya tersebut sangatlah murah namun mempunyai kekuatan yang sangat kuat. Tapi besi jenis ini masih dianggap sangat lemah serta lunak apabila dipakai sebagai bahan dasar pembuatan baja, sehingga perlu adanya proses pencampuran dengan bahan-bahan unsur paduan yang ada yang akan mengubah semuanya, dari awalnya sebuah besi murni yang bersifat lunak maka akan menjadikannya semakin lebih kuat. Alloy atau panca logam ini merupakan unsur yang tergabung dalam bentuk senyawa cair atau pejal yang sama serta berasal dari dua atau lebih unsur, yang mana salah satu dari unsur tersebut merupakan bahan dasar yang berasal dari logam, dan alloy atau panca logam ini memiliki sifat julat lebur yang merupakan bahan campuran dari pepejal serta cair. Untuk membuat alloy biasanya dibuat berdasarkan fungsi dan kegunaannya yang disesuaikan dengan pemakaiannya alloy itu dibuat. Dalam penelitian ini tujuan alloy dibuat yaitu untuk digunakan untuk lapisan sistem kekerasan perlindungan kendaraan lapis baja. Material untuk alloy yang digunakan sebagai sistem perlindungan kendaraan lapis baja yaitu untuk kekerasan bisa menambahkan unsur karbon, yang terdapat dari batubara, dan boron akan meningkatkan nilai konduktivitas untuk meredam energi apabila terjadi benturan pada plat baja kendaran lapis baja. Selain pencampuran unsur boron Besi baja paduan merupakan baja yang banyak mengandung unsur-unsur yang ada selain Besi (Fe) dan Carbon (C), campuran besi ini biasanya mengandung unsur-unsur yang lain seperti Nikel (Ni), Chrom (Cr), Molybdenum (Mo), Titanium (Ti), Mangan (Mn) dan lain sebagainya. Sedangkan tujuan adanya penambahan pada unsur-unsur tersebut adalah untuk dapat meningkatkan kekuatan dan mengubah sifat dengan tujuan dapat menambah kekuatan pada kendaraan lapis baja.

Kata Kunci : baja alloy, kendaraan lapis baja

Abstract – Iron is a basic material that is widely used as a metal material in the world which covers most of its designation to meet the needs of mankind, this can be seen among others by being able to be used for the manufacture of cars, ships, machinery, and structural components, etc. However, when viewed in terms of financing for the manufacture it is very cheap but has a very strong strength. But this type of iron is still considered very weak and soft when it will be used as the basic material

for steel making later, so there needs to be a process of mixing with existing alloy elements that will change everything from the original a pure iron which will make it increasingly even stronger. This alloy or metal is an element that is incorporated in the form of the same liquid or solid compound and comes from two or more elements where one of these elements is a basic material derived from metal, and this alloy or metal has its own melting range which is a mixture of ingredients and liquid. To make alloys it is usually made based on its functions and uses which are adjusted to the use of the alloy made. In this study the purpose of alloy is made to be used for a layer of hardness system for the protection of armored vehicles. Materials for alloys that are used as a system for protecting armored vehicles, namely for hardness, can add carbon elements, which are from coal, and boron will increase the value of conductivity to reduce energy when there is formation on armored steel plates. In addition to mixing elements of boron Alloy steel is steel which contains many elements other than Iron (Fe) and Carbon (C), this iron mixture usually contains other elements such as Nickel (Ni), Chrom (Cr), Mohliben (Mo), Titanium (Ti), Manganese (Mn) and so on. While the purpose of the addition of these elements is to be able to increase strength and change properties in order to increase strength in armored vehicles.

Keywords: alloy steel, armored vehicles

Pengantar

Besi murni merupakan bahan dasar yang banyak dipergunakan sebagai bahan logam di dunia yang mencakup hampir sebagian besar peruntukannya adalah guna memenuhi kebutuhan umat manusia. Hal ini bisa terlihat antara lain dapat dipergunakan untuk pembuatan mobil, kapal, mesin, serta komponen struktur bangunan dan lain-lainnya, akan tetapi apabila dilihat dari segi pembiayaan untuk pembuatannya tersebut sangat murah namun mempunyai kekuatan yang sangat kuat.¹ Tapi besi jenis ini masih dianggap sangat lemah serta lunak apabila akan dipakai sebagai bahan dasar pembuatan baja nantinya, sehingga perlu adanya proses pencampuran dengan bahan-bahan unsur paduan yang ada yang akan mengubah semuanya dari awalnya sebuah besi murni itu yang bersifat lunak maka akan menjadikannya semakin lebih kuat. Indonesia adalah salah satu negara

yang memiliki banyak sumber daya alam yang sangat berlimpah dan apabila dilihat dari jenis sifat pembaharuannya maka kita akan dapat membaginya menjadi dua jenis, yaitu: sumber daya alam yang dapat terbarukan (diperbaharui) serta sumber daya alam yang tidak terbarukan (Tidak diperbaharui).² Bahan-bahan tambang yang ada itu termasuk pada jenis sumber daya alam yang tidak terbarukan karena proses pembentukannya oleh alam selama bertahun-tahun sejak zaman purba hingga sekarang ini bisa diambil serta dimanfaatkan oleh manusia guna memenuhi kebutuhan hidupnya sehari-hari. Untuk besi yang sangat berlimpah ini harus dibuat suatu paduan (alloy) antara besi dengan unsur lainnya. Tujuan untuk dipergunakan sebagai pelat untuk bahan baku kendaraan tempur/ *armored vehicle*.

Untuk membuat pelat kendaraan tempur dari *alloy* yang bahan utamanya Fe (Ferrum) dengan campuran unsur lainnya baik berupa logam atau campuran

¹ Tata Surdia, *Teknik Pengecoran Logam*, (Jakarta: CV. Balai Pustaka, 2003), hlm. 17.

² Sumar Hendayana, *Kimia Pemisahan*, (Malang : CV. Rosda, 2006), hlm. 30.

non logam, harus dilakukan dengan simulasi eksperimen agar dihasilkan paduan atau *alloy* yang tepat dengan sifat yang diinginkan yaitu ulet dan keras serta tahan terhadap peluru atau amunisi.

Metode

Alloy atau Panca logam

Alloy atau panca logam ini merupakan unsur yang tergabung dalam bentuk senyawa cair yang sama serta berasal dari dua atau lebih unsur yang mana salah satu dari unsur tersebut merupakan bahan dasar yang berasal dari logam, dan *alloy* atau panca logam ini memiliki sifat julat lebur yang merupakan bahan campuran dari pejal serta cair. Sedangkan apabila diletakkan pada kondisi yang mempunyai suhu panas tertentu yang menjadikannya lebur dan mencair biasanya *alloy* atau panca logam ini disebut dengan istilah *solidus*. Sedangkan apabila diletakkan pada kondisi panas suhu tertentu dan bahan *alloy* atau panca logam yang ada tersebut mulai akan habis melebur maka sering disebut dengan sebutan *liquidus*, tetapi ada juga yang diberi nama dengan sebutan campuran *eutektik* yang merupakan suatu bahan *alloy* atau setengah panca logam yang bisa direka berdasar pada suatu takaran takat lebur saja dan biasanya untuk bahan dasar *alloy* atau panca logam ini akan mempunyai ciri-ciri tertentu yang diinginkan juga yang mampu memberikan kelebihan daripada komponen-komponen yang sudah ada sebelumnya.³

³ Sukandarrumidi, *Geologi Mineral Logam*, (Yogyakarta: UGM Press, 2010), hlm. 26.

Hal ini dapat kita lihat dari adanya bahan-bahan dasar yang dapat kita lihat sebagai berikut, antara lain seperti logam yang mempunyai sifat lebih tahan apabila dibandingkan dengan sifat tembaga (Cu) dan kuningan (CuZn) tetapi bentuk serta sifatnya akan lebih menarik jika dibandingkan dengan sifat Zink (Zi). Disamping itu juga adanya keuletan yang mempunyai sifat bendanya yang lebih kukuh jika dibandingkan dengan adanya bahan lainnya karena kebanyakan untuk *alloy* atau panca logam ini bersifat tidak memiliki titik lebur yang pasti dan tentu, dimana hal ini tidak seperti logam-logam yang tulen lainnya.⁴

Pada dasarnya *alloy* atau panca logam yang berasal dari dua unsur logam yang ada dipadukan secara bersama-sama itu biasa disebut dengan nama *panca logam binari*, sedangkan untuk *alloy* atau panca logam yang bagiannya terdiri dari tiga komponen dasar biasa disebut dengan sebutan nama *panca logam ternari*, dan untuk *alloy* atau panca logam yang berasal dari empat komponen yang ada atau lebih daripada komponen yang ada itu biasa disebut dengan *panca logam quaternari*. Tetapi ada juga suatu *alloy* atau panca logam yang sudah terbentuk tersebut akan diberi nama sesuai dengan pada sifat dasar asas logamnya, misalnya unsur perak (Ag) yang pada dasarnya akan menggunakan unsur dalam bentuk barang kemas serta alumunium (Al) yang akan dipergunakan dalam suatu sistem

⁴ Kristian. H. Sugiarto, *Dasar-dasar Kimia Non-Organik dan Non-Logam*, (Surabaya : Cahaya Ilmu, 2009), hlm. 34.

pembinaannya yang merupakan bentuk *alloy* atau panca logam juga, dan yang biasa kita sebut dengan adanya sifat 14 karat unsur emas (Au) yang merupakan sebuah jenis *alloy* yang berasal unsur emas (Au) bergabung dengan unsur-unsur lainnya yang ada.

Pengertian Aluminium Alloy

Alumunium *alloy* merupakan unsur bentukan baru dari logam yang tercipta karena adanya perpaduan antara aluminium (Al) sebagai bahan dasar dengan satu kelebihan dari adanya unsur logam lainnya. Aluminium *alloy* yang ada ini adalah adanya sifat kemudahan yang dibentuknya didalam mencampurkan secara bersama-sama dengan bahan dasar lainnya yang ada itu. Sehingga hal ini banyak dipakai sebagai bahan dasar dalam pembuatan hasil produksi-produksi baru yang ada didalam lingkungan industri dan hal ini biasa disebut dengan sebutan aluminium *alloy* atau dengan kata lain aluminium paduan. Alasan mengapa banyak industri-industri yang ada banyak menggunakan unsur dasar campuran dari aluminium *alloy* ini disebabkan karena hasil produksi dari adanya unsur yang berasal pada penggabungan beberapa unsur yang ada tersebut mempunyai sifat yang lebih kuat, sehingga hal ini sudah sangat sesuai dengan tujuan dan harapan dari dipergunakannya industri yang ada tersebut.⁵

⁵ <http://logam.ceper.com>, karakteristik-stainless-steel, diakses pada 10 April 2018.

Logam dari unsur campuran yang biasa digunakan untuk pemrosesan dalam sistem penggabungan guna pembentukan unsur-unsur pada aluminium *alloy* tersebut antara lain adalah :

a. Unsur Bismuth (Bi)



Gambar 1. Bismuth

Sumber: Encyclopedia of Minerals, 2019

Unsur ini merupakan suatu unsur campuran yang bersifat sangat serupa dengan unsur timbal yang ada, dimana unsur aluminium yang ada tersebut didalam kandungannya itu juga akan mempunyai sifat *machinability* yang bersifat akan lebih mudah dipergunakan dalam suatu proses pengolahan-pengolahan pada sistem proses industri yang ada, sehingga kemanfaatan akan percampuran pada unsur ini akan dapat kita pergunakan secara optimal bagi kehidupan manusia nantinya.

b. Unsur Boron (B)



Gambar 2. Boron

Sumber: Encyclopedia of Minerals, 2019

Terhadap unsur aluminium yang telah ditambahkan pada suatu proses penggabungannya dengan beberapa unsur-unsur Boron yang ada ini akan mampu memberikan kemanfaatan yang efektif dalam meningkatkan sifat konduktivitas elektrik yang ada pada unsur aluminium sebelumnya. Akan tetapi untuk pencampuran pada sistem unsur ini akan memberikan suatu gambaran bahan dasar baru yang lebih pekat serta lebih padat lagi terhadap susunan-susunan partikel yang ada didalamnya.

c. Unsur Magnesium (Mg)



Gambar 3. Magnesium

Sumber: Encyclopedia of Minerals, 2019

Guna mendapatkan suatu unsur aluminium yang sangat tahan terhadap karat ataupun korosi juga mempunyai sifat yang lebih kuat jika dibandingkan dengan unsur aluminium yang sebelumnya, maka dengan usaha mencampur serta menggabungkan antara dua unsur aluminium yang ada dengan campuran unsur magnesium ini sudah sangat baik serta cocok sekali. Karena hal ini sudah sangat terbukti sudah banyak diperoleh kemanfaatan serta kegunaannya bagi manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya sehari-hari.

d. Unsur Nikel (Ni)



Gambar 4. Nikel

Sumber: Encyclopedia of Minerals, 2019

Sedangkan apabila kita akan mengharapkan untuk bisa memperoleh suatu hasil akhir dari unsur aluminium yang akan mempunyai suatu sifat akan kekuatan daya serta kemampuan untuk bisa lebih mampu lagi dalam bertahan pada kondisi serta situasi posisi di tekanan dengan daya suhu yang sangat tinggi, maka campuran unsur yang paling baik yang bisa dipergunakan untuk penggabungan dengan unsur aluminium tersebut adalah dengan mempergunakan beberapa campuran unsur nikel yang diperlukan untuk bisa pengaruhi adanya perubahan unsur dasar yang baru tersebut.

e. Unsur Tembaga (Cu)



Gambar 5. Tembaga

Sumber: Encyclopedia of Minerals, 2019

Apabila kita berusaha untuk menggabungkan beberapa unsur logam yang ada, sehingga dengan adanya sebuah sistem proses penggabungan serta pencampuran ini dalam suatu proses yang terjadi antara unsur aluminium yang ada dengan unsur tembaga lainnya itu, maka kita akan dapat memperoleh suatu hasil adanya unsur baru dengan komponen baru yang akan mempunyai sifat sangat kuat sehingga kekuatan yang lahir itu hampir sama menyerupai dengan sifat kekuatan yang terdapat pada sifat-sifat kekuatan unsur besi baja. Dengan sistem pencampuran yang ada tersebut diharapkan akan mampu memberikan hasil dari sistem pencampuran yang ada akan bisa lebih optimal lagi.

f. Unsur Timbal (Pb)



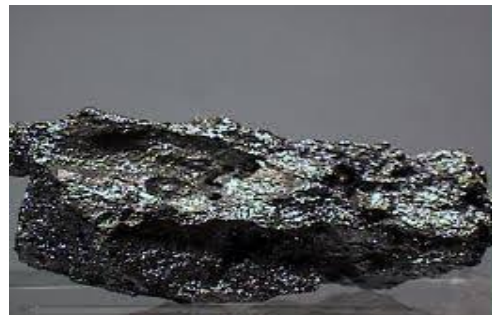
Gambar 6. Timbal

Sumber: Encyclopedia of Minerals, 2019

Pada unsur penggabungan yang akan kita buat ini antara unsur pada logam aluminium yang akan diperoleh sebuah unsur yang akan bersifat *machinability* alias dan juga akan mempunyai sifat yang dengan mudah untuk dibentuk serta disesuaikan dengan harapan juga keinginan kita tersebut. Dengan menggunakan pemakaian pada proses

mesin yang ada, maka unsur campuran yang paling tepat untuk digunakan pada kemanfaatannya adalah dengan menggunakan unsur timbal yang ada. Karena adanya sifat unsur-unsur timbal yang mampu mempengaruhi terhadap unsur aluminium yang ada sebagai bahan pencampurannya itu, sehingga diharapkan adanya hasil material baru yang lebih sempurna serta bisa lebih maksimal lagi nantinya.

g. Unsur Titanium (Ti)



Gambar 7. Titanium

Sumber: Encyclopedia of Minerals, 2019

Apabila kita memerlukan adanya sifat akhir dari dua unsur campuran logam dan dalam hal ini salah satunya berasal dari unsur aluminium yang diharapkan akan mampu mendapatkan suatu unsur logam yang punya sifat sangat kuat dan memiliki suatu kemampuan sebagai bahan dasar untuk meregang pada kemampuan guna menahan beban (daktilitas), dan semua unsur campurannya akan digunakan dari bahan dasar titanium yang hasil sifat akhir untuk peroleh hasil dari pencampuran dua unsur yang akan diperoleh hasil akhir dengan sifat unsur yang kuat serta daktilitas yang ada segera akan dapat terpenuhi.

h. Unsur Seng (Zn)



Gambar 8. Seng

Sumber: Encyclopedia of Minerals, 2019

Sedangkan apabila kita akan melaksanakan suatu proses untuk pencampuran antara dua unsur logam yang seperti aluminium bersama dengan unsur logam yang mempunyai sifat unsur seng, maka hasil yang akan ditimbulkan nanti akan mampu untuk menghasilkan suatu hasil unsur proses gabungan guna meningkatkan kekuatan bahan baku yang ada tersebut dengan adanya sifat kekerasan pada bahan baru itu merupakan unsur terbaru yang ada tersebut.

i. Unsur Silikon (Si)



Gambar 9. Silikon

Sumber: Encyclopedia of Minerals, 2019

Untuk campuran dua unsur senyawa yang mempunyai sifat aluminium dengan beberapa unsur senyawa yang ada serta mengandung sifat silikon tersebut

maka akan diperoleh suatu proses hasil bahan material baru yang akan lebih sangat mudah untuk diproses melalui beberapa proses dengan suatu cara yang dipergunakan dengan memakai sistem pengecoran bersama serta sistem proses penggabungan yang ada diantara kedua unsur senyawa tersebut yang selanjutnya akan digabungkan didalamnya.

Fungsi Aluminium Alloy

Bahan aluminium jenis ini biasanya sering digunakan untuk campuran bahan-bahan bangunan antara lain sebagai bahan pipa serta bahan kawat bangunan. Bahan ini sering digunakan karena sifat yang melekat kepadanya yang mudah dibengkokkan serta mudah dipotong. Disamping itu, bahan dari jenis aluminium ini sangat mudah untuk diaplikasikan dalam berbagai bentuk serta berbagai macam jenis hal lainnya. Karena aluminium pada dasarnya merupakan logam yang tidak mempunyai sifat keras serta tidak sangat kuat maka dibutuhkan adanya unsur bahan dasar tambahan lainnya sebagai pencampurnya, agar sifat awalnya tadi bisa segera berubah dan bisa langsung diambil manfaatnya.⁶ Hal seperti ini yang bisa menjadikan unsur aluminium *alloy* jenis ini digunakan sebagai bahan baku pembuat paku yang mempunyai sifat logam yang sangat solid serta sangat keras. Disamping itu, adanya harga yang terjangkau serta keunggulan-keunggulan lainnya yang dimiliki oleh unsur aluminium ini yang mempunyai

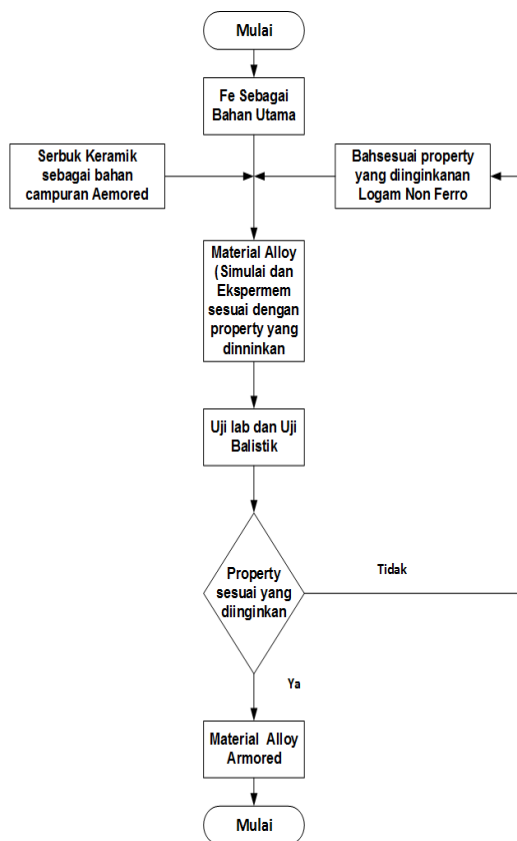
⁶ Bondan, T. Sofyan. *Pengantar Material Teknik*, (Jakarta, Salemba Teknika, 2011).

tingkat ketahanan yang sangat baik dan sifatnya yang fleksibel, serta sifatnya yang mudah untuk disatukan bersama berbagai macam bahan-bahan dasar yang akan membuatnya seringkali digunakan dalam berbagai macam-macam barang produk industri yang ada pada dewasa ini. Akan tetapi, tidak hanya untuk bahan dasar itu saja karena aluminium jenis ini juga akan digunakan dalam pembuatan bahan dasar untuk mobil, kapal laut, pesawat terbang dan untuk bahan dasar mobil. Disamping itu juga bahan ini akan digunakan sebagai dasar untuk pembuatan tangki bahan bakar pada berbagai macam jenis kendaraan yang ada baik untuk sipil maupun kendaraan militer yang ada pada dewasa ini.

Melakukan penggabungan dua unsur yang ada dari berbagai bahan dasar unsur yang ada akan mampu mengubah dan memaksimalkan sifat yang melekat pada bahan dasar aluminium tersebut. Hasil dari aluminium itu sendiri akan banyak digunakan dalam industri-industri logam yang ada. Bahkan pemakaian hasil bahan dasar dari unsur aluminium ini banyak kita lihat benda yang dihasilkannya dalam kehidupan sehari-hari, antara lain peralatan dapur yang digunakan untuk memasak, termasuk didalamnya adalah kertas lembaran aluminium atau yang biasa disebut dengan aluminium foil yang digunakan untuk membungkus roti atau makanan yang pembuatannya juga berasal dari bahan campuran aluminium alloy.⁷ Aluminium juga banyak digunakan

untuk pembungkus kemasan minuman kaleng dan termasuk didalamnya pembungkus kemasan makanan kaleng atau *snack*. Karena hal ini akan digunakan untuk menjaga aroma rasa serta kekhasan dari masing-masing bahan makanan dan minuman, Selain itu, untuk menjaga tekstur bentuk makanannya serta melindungi ketahanan yang ada terhadap bahan makanan dan minuman yang berada didalamnya. Hal ini bisa dipakai dalam membuktikan bahwa selama ini bahan dasar yang berasal dari unsur aluminium banyak manfaat serta sangat berguna untuk berbagai macam hal termasuk untuk jaga ketahanan terhadap makanan serta minuman yang ada karena walaupun terjadi kontak langsung dengan walaupun kontak langsung ataupun berdekatan serta melekat langsung pada objek yang dilapisinya tidak bahan makanan dan minuman tidak akan terjadi kontaminansi.

⁷ Panut Mulyono, *Analisis Sistem Teknik Kimia*, (Yogyakarta: UGM Press, 2007).



Gambar 10. Besi

Sumber : Peneliti, 2019

Kelemahan masing-masing logam di atas adalah sifat kekerasannya lebih lunak bila dibanding dengan baja karbon, tetapi kelebihan dari *alloy* adalah lebih ulet dari baja karbon. Selain itu, untuk mendapat logam-logam tersebut (titanium, aluminium, magnesium, dan nikel) dibutuhkan teknologi modern untuk mengekstraknya dari bahan tambang masing-masing.^{8 9 10}

⁸ Callister Jr. D. William, Rethwisch, G. David, *Materials Science and Engineering*, (New Jersey : John Wiley & Son Inc., 2014), hlm. 67

⁹ Michael F. Ashby, *Material Selection in Mechanical Design*, (New York : Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005).

¹⁰ Morales V. Eduardo, *Alloy Steel Properties and Use*, (New York : In Tech, 2011).

Metodologi penelitian dalam penelitian ini adalah:

Pembahasan

Bahan dasar unsur-unsur yang akan digunakan dalam pembuatan campuran aluminium *alloy* ini dapat kita bagi dalam beberapa unsur kelompok logam yang ada baik sebagai bahan dasar utama maupun sebagai unsur bahan pencampur pada kelompoknya tersebut, agar nantinya diperoleh hasil maksimal dalam menemukan hasil akhir dari adanya proses pencampuran ini.¹¹

Unsur Besi (Fe)



Gambar 11. Besi

Sumber : Encyclopedia of Minerals, 2019

Besi sebagai bahan utama untuk pembuatan *alloy* atau paduan pada awalnya merupakan biji besi berupa mineral dalam bentukan pasir atau berupa batu yang telah melalui suatu proses alam berupa ekstrasi. Selanjutnya akan menghasilkan bentuk logam besi yang merupakan dasar bahan baku logam utama baja, dimana logam baja itu sendiri mempunyai sifat yang sangat

¹¹ Lilis R Tambunan, *Pengantar Kimia Dasar*, (Jakarta: CV. Budi Usaha, 2017).

ekonomis dan sangat kuat yang banyak digunakan sebagai bahan dasar dari komponen utama dan biasa digunakan untuk bahan pembangunan peralatan, mesin, kapal, mobil, alat rumah tangga, infrastruktur. Selain itu, hampir memenuhi kebutuhan pada peralatan persenjataan dalam mendukung bahan dasar alat utama sistem pertahanan suatu negara. Hampir kebanyakan barang serta alat-alat rumah tangga yang berasal dari besi itu pada awalnya adalah merupakan biji besi yang kecil-kecil setelah diproses secara pabrikan akan menghasilkan bongkahan-bongkahan besi yang selanjutnya dilebur menjadi cairan besi yang kemudian dicetak sesuai ukuran berdasarkan kebutuhan hidup manusia.

Sedangkan untuk membuat sebuah besi gubal yang berasal dari unsur campuran biji besi yang ada dengan unsur penambah lainnya, maka biji tersebut dibuat sebagai cebakan, dimana biji besi itu sendiri merupakan bagian yang terdiri dari beberapa unsur yang ada antara lain atom besi dan oksigen yang selanjutnya saling berikatan bersama-sama dengan beberapa molekul lainnya. Sedangkan unsur besi itu sendiri merupakan bentukan dari beberapa unsur bentuk *goethite* $\text{FeO}(\text{OH})$, *magnetic* (Fe_3O_4) , atau (FeCO_3) *siderite* *lemonit* $\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n(\text{H}_2\text{O})$ dan (Fe_2O_3) atau *hematit*. Untuk biji besi juga akan banyak mengandung besi oksida serta terdiri dari berbagai macam warna mulai dari kelabu, kuning, ungu sampai merah korosi atau karat. Pada awalnya biji besi merupakan satuan mineral serta batuan yang merupakan

satuan logam yang dapat secara mudah dan ekonomis diekstrak dan biji-biji besi itu kaya akan oksida besi serta bervariasi warnanya, mulai dari abu-abu (*dark silver*), kuning (*shine yellow*), ungu (*in-violet*) hingga menjadi warna *corrosy red* (merah berkarat). Biji pengiriman langsung atau yang sering disebut juga dengan biji alami, mempunyai arti bahwa mereka sudah dapat diberikan secara langsung pada pembuatan besi *blast furnace*. *Blast furnace* adalah suatu biji besi dengan pembawa jumlahnya sangat tinggi mulai dari unsur komponen magnetite atau hematite sehingga hasilnya akan lebih besar dari unsur besi itu sendiri. Sedangkan hampir sebagian besar biji besi yang ditambang oleh manusia yang ada pada permukaan bumi banyak dipergunakan serta diperuntukkan untuk memproduksi besi baja, dimana biji besi merupakan bahan baku dasar yang dipakai untuk membuat suatu unsur komponen besi yang berbentuk *pig iron* (Kepala babi). *Pig iron* merupakan sebagian bahan dasar besi baja nantinya dan perlu kita ketahui bahwa besar dari cadangan biji besi yang tersisa yang masih terdapat dalam tanah sudah semakin menipis jumlahnya.

Unsur Non Besi

Batu Bara (Bituminus/ $C_{137}H_{97}O_9NS$ dan Antrasit/ $C_{240}H_{90}O_4NS$)



Gambar 12. Batubara

Sumber : Encyclopedia of Minerals, 2019

Bahan dasar dari batubara ini terbentuk dari adanya sisa-sisa tumbuhan yang ada pada zaman purba yang tertimbun dibawah lapisan tanah serta yang terpendam juga akan mengendap dilapisan tanah tersebut selama jutaan tahun lamanya. Selama terpendam jutaan tahun tersebut telah mendapat desakan tekanan serta adanya suhu yang sangat tinggi sehingga terus-menerus selalu meningkat maka secara lambat laun akan membentuk bongkahan susunan jenis batu yang baru. Sedangkan unsur yang akan mempengaruhi jenis dan tingkat kategori endapan batubara dipengaruhi oleh besarnya unsur karbon yang ada dikandung batu tersebut. Karena semakin tinggi kandungan karbon yang ada dalam batu endapan baru itu maka akan berpengaruh pada warna batubara yang baru itu. Dimana semakin hitam warna dasar dari batubara itu maka semakin tinggi tingkat kandungan batubara yang ada didalamnya.

Berdasarkan pada besarnya kandungan karbon yang ada dalam unsur batubara itu maka ada beberapa jenis batubara baru yang dihasilkan karena ada perbedaan kandungan unsur karbonnya¹² antara lain:

- Batubara jenis Gambut (Mempunyai sifat berpori banyak serta mempunyai kandungan kadar air sangat tinggi mencapai hingga 75%).
- Batubara jenis *Lignit* (Dimana pada batuan batubara jenis ini biasanya berwarna coklat karena mempunyai kadar karbon sekitar 35% hingga 75% dan untuk batubara jenis ini dikenal sangat lunak serta berat jenisnya sangat ringan dengan kadar air sedikit).
- Batubara jenis baru Sub-Bituminus (Untuk batubara jenis ini yang biasanya mengandung banyak kandungan airnya tetapi untuk kandungankadarkarbonberbanding terbalik karena kandungan karbon yang ada didalamnya sangat sedikit).
- Batubara jenis Bituminus (Dalam batubara pada susunan jenis ini biasanya untuk kadar karbon yang ada didalam kandungan susunan batuan itu berkisar antara 68% sampai dengan 86%).
- Batubara jenis Antrasit (Sedangkan untuk batuan batubara pada jenis ini biasanya punya susunan kandungan kadar unsur karbon yang ada didalamnya hampir sebesar antara 86% sampai dengan 98%).

¹² Sherly Ridhowati, *Mengenal Pencemaran Lingkungan*, (Bandung : Graha Ilmu, 2011).

Fungsi serta kegunaan dari batubara oleh manusia telah lama sekali untuk digunakan sebagai sumber energi dalam kehidupan sehari-hari. Biasanya batubara tersebut dipakai untuk memproduksi energi panas serta energi listrik yang diperolehnya dengan cara yang sangat sederhana yaitu dengan dibakar. Sampai saat ini, batubara seperti ini masih banyak dipergunakan di sebagian negara-negara, untuk pembangkit listrik dengan memakai batubara sebagai bahan dasar energinya. Sehingga batubara ini dijadikan sebagai bahan dasar utama yang banyak dipakai untuk menghasilkan tegangan arus listrik yang baik serta sangat tinggi di seluruh dunia. Untuk memenuhi kebutuhan beberapa industri yang ada biasanya batubara ini sering digunakan untuk bantu dalam proses produksi permurnian suatu unsur logam. Disamping itu, untuk proses pengambilan batubara yang terdapat didalam bumi yang biasa dilakukan dengan cara penambangan ini sangat butuh sumber panas energi yang sangat besar sehingga hasil produksi sampingan yang dihasilkannya itu secara tidak sengaja tercipta sebuah hasil produksi serta menghasilkan jumlah produksi banyak. Dengan adanya proses produksi energi oleh bahan dasar batubara ini akan menjadikan batubara penghasil karbondioksida yang paling besar di dunia yang berasal dari pembakaran bahan dasar batubara ini untuk dilepaskan ke tingkatan atmosfer yang ada di bumi ini sebagai akibat dari adanya aktivitas manusia yang menggunakan unsur batubara sebagai bahan dasar energinya. Efek aktivitas ini

menjadikan adanya kaitan dampak yang sangat negatif sebagai pencemaran serta polusi udara terhadap kesehatan manusia serta lingkungan yang ada juga perubahan iklim yang tidak sesuai dengan sistem periodik evolusi iklim yang ada pada saat sekarang ini.¹³

Timah (Sn)



Gambar 13. Timah

Sumber: Encyclopedia of Minerals, 2019

Timah merupakan salah satu bahan tambang yang sangat berguna, dimana apabila kita olah serta kita gunakan secara benar dan optimal untuk bahan pelapis bagi satuan besi agar barang tersebut tidak mudah berkarat. Selain itu, apabila dipakai dalam bentuk lembaran maka fungsi timah ini sendiri bisa digunakan sebagai pembungkus makanan (antara lain : permen, coklat, rokok dan lain sebagainya) ataupun sebagai bahan kaleng minuman ringan. Disamping untuk timah sendiri, pada saat ini juga biasa dipergunakan sebagai salah satu bahan dasar terpenting dalam pembuatan alat elektronik (seperti : televisi, komputer, alat komunikasi *smartphone* dan lain-lain).

¹³ <http://logam.ceper.com>, aluminium-dalam-pengecoran-bahan-logam, diakses pada 11 Januari 2018.

Dalam pengolahan dasar, awalnya timah ini harus dipisahkan dari bahan batuan granit yang ada karena pada dasarnya timah itu sendiri terdapat pada susunan batuan-batuan granit yang ada yang masih terbentuk dalam sistem serpihan-serpihan kecil. Hal tentang pemisahan itu diperlukan dalam rangka memperoleh susunan konsentrasi yang sangat tinggi, sehingga akan diperoleh suatu bentuk timah dalam satuan biji timah yang selanjutnya akan diproduksi sebagai timah produksi yang akan dimanfaatkan lagi dalam bentuk produksi skala lebih besar.

Tembaga (Cu)



Gambar 14. Tembaga

Sumber: Encyclopedia of Minerals, 2019

Bahan dasar tembaga atau yang biasa disebut dengan sebutan senyawa kimia dasarnya cuprum merupakan salah satu jenis bahan logam yang secara alami dapat ditemukan secara langsung di alam terbuka dan bisa langsung digunakan tanpa perlu diolah melalui proses ekstraksi atau proses pemurnian terlebih dahulu. Sehingga sejak awalnya untuk bahan tembaga ini sudah banyak digunakan oleh

manusia dalam mengikuti perubahan perkembangan awal peradaban manusia sejak dahulu kala.

Karena tembaga merupakan logam yang sangat sederhana untuk dipergunakan dalam memenuhi kepentingan hidup manusia sehari-hari, maka bahan logam tembaga ini banyak dipergunakan sebagai bahan dasar bangunan. Karena bersifat konduktor, maka bisa dipergunakan sebagai bahan pengantar listrik serta panas dan sebagai komponen bahan dasar campuran untuk beberapa jenis logam paduan yang ada, antara lain sebagai perhiasan dari bahan dasar perak sterling, juga sebagai koin dari bahan tembaga dan lain sebagainya. Pada dasarnya untuk tembaga atau cuprum murni biasanya mempunyai warna jingga kemerahan, sehingga ketika terjadi suatu proses oksidasi maka bahan tembaga tersebut akan menjadi berkarat dan pada permukaan dari tembaga itu sendiri akan berubah warnanya menjadi hijau, hal ini bisa kita temukan pada bahan-bahan patung yang terbuat dari bahan tembaga (contoh : Patung Liberty).

Nikel (Ni)

Nikel merupakan bahan logam yang banyak digunakan untuk percampuran bahan senyawa yang tahan terhadap anti karat serta anti korosi serta untuk bahan menjadi baja, dimana apabila akan menjadi kuningan maka nikel ini harus dicampurkan dengan bahan tembaga. Tetapi hal ini juga bisa untuk menjadi perunggu dan nikel ini juga sering

digunakan sebagai bahan dasar pembuat mata uang yang berasal dari uang logam.



Gambar 15. Nikel

Sumber: Encyclopedia of Minerals, 2019

Bahan Campuran Alloy

Silikon (Si)



Gambar 16. Silikon

Sumber: Encyclopedia of Minerals, 2019

Akibat utama dari adanya bahan dasar dari jenis silikon ini adalah untuk memperkenalkan adanya suatu proses pembentukan satuan besi yang berwarna abu-abu, padahal besi yang berwarna abu-abu tersebut bersifat sangat rapuh serta sangat mudah untuk menyelesaikannya daripada sifat besi yang berwarna putih. Sifatnya silika (SiO_2) itu sendiri pada prinsipnya akan selalu hadir dalam bentuk butiran biji-biji besi. Silikon mempunyai sifat khusus apabila dipanaskan pada suhu sekitar di atas 1300°C maka akan mampu

mengakibatkan berkurangnya sifat serta bisa untuk membentuk satuan paduan baru yang akan terbentuk dengan sifat besinya. Sehingga pada panas didalam tungku terhadap sifat silikon itu akan lebih bersifat hadir dalam bentuk satuan besi yang ada. Sifat silikon ini sendiri juga tidak akan pernah mampu mengurangi sifat penyusutan dan pemuaian dalam pembentukan lobang-lobang sembur yang juga mempunyai kemampuan mengurangi serta menurunkan jumlah sifat cor-coran yang hasil akhirnya semakin lebih buruk lagi. Sifat seperti ini juga tidak jarang bisa untuk menemukan sifat silikonnya sendiri sampai dengan ukuran besaran sampai dengan 1,5 % terhadap bagian dari besi cor yang ada tersebut.

Fosfor (P)



Gambar 17. Fosfor

Sumber: Encyclopedia of Minerals, 2019

Sifat Fosfor yang sering ditulis dengan tanda kimia berupa huruf P mempunyai empat efek yang sangat besar pada sifat senyawa besi yang ada, antara lain: sebagai peningkatan tingkat kekuatan dan tingkat kekerasan yang ada. Adanya sifat temperatur yang mempunyai sifat solidus yang sangat

rendah, juga adanya sifat fluiditas yang akan terus-menerus meningkat dan sifat yang memiliki sesak dingin. Terhadap efek yang ditimbulkannya, apakah ini akan menjadi baik atau menjadi buruk sangat tergantung pada tujuan adanya pemakaian untuk senyawa sifat besi itu sendiri. Dimana kita akan mengetahui dengan memakai konsentrasi fosfor yang ada apakah terhadap kekerasan serta kekuatan dari besi tersebut akan meningkat. Karena pada biji rawa itu sendiri mempunyai sifat kandungan fosfor yang sangat tinggi. Dengan melalui proses dingin maka besi fosfor yang bersifat tinggi akan mampu untuk dikeraskan juga. Hal ini benar akan dipengaruhi oleh adanya konsentrasi fosfor terhadap efek pengerasan yang ada. Dimana dalam hal ini, sifat fosfor akan semakin sulit untuk menjadi besi serta akan cepat menjadi keras melalui proses memalu.

Dengan pakai sistem untuk mempertahankan pada kadar fosfor antara 0,07 % sampai 0,12 % tanpa mengorbankan perlawanan yang ada terhadap *shock* yang ada, maka kita akan memperoleh adanya peningkatan kekerasan sebesar 30 % dari kekerasan sebelumnya. Akan tetapi, dengan menurunkan sifat kelarutan pada karbon yang terdapat pada besi pada titik suhu yang tinggi akan kita peroleh adanya suatu sistem peningkatan kedalaman pengerasan logam yang ada sebagai akibat dari adanya sifat pendinginan tersebut. Hal tersebut akan mampu menurunkan sifat kegunaan fungsinya dalam pembuatan sifat sementasi (baja blister) dengan pertimbangan utama

pada jumlah serta kecepatan sistem penyerapan karbonnya. Sehingga adanya fosfor sebesar 0,05 % yang terdapat dalam besi akan mampu membuat besi trempa yang ada akan menjadi sekeras baja karbon dalam kelas menengah.

Apabila ada dalam proses nantinya untuk konsentrasi memiliki sifat yang lebih tinggi dari besi sebesar 0,2 %, maka akan menjadi semakin dingin yang pendek juga adanya sifat yang rapuh pada suhu yang rendah. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan pada sifat fosfor yang telah memiliki sisi bawah karena biasanya sifat dingin singkat ini sangat berguna bagi besi khususnya jenis besi bar, meskipun besi bar jenis ini pemakaiannya sangat sering membutuhkan untuk bisa menjadi lebih tangguh. Juga untuk tahan terhadap adanya kejutan pada suhu kamar yang ada dan tentunya bisa mudah untuk ditekuk karena besi jenis ini biasanya bekerja serta difungsikan pada situasi yang panas. Tetapi apabila ada dalam penggunaan konsentrasi yang cukup dinilai tinggi akan mampu membuat suatu sifat unsur fosfor pada senyawa zat besi yang ada malahan tidak dapat dipergunakan secara maksimal. Hal ini disebabkan karena adanya efek sesak dingin yang membesar pada suhu yang ada sehingga kadangkala kita akan menemui adanya suatu sifat besi yang benar-benar berfungsi secara optimal apabila dipergunakan pada saat musim panas tetapi kemungkinan malah akan menjadi benar-benar rapuh jika dipergunakan pada musim dingin. Sehingga dalam hal ini perlu adanya kehati-hatian serta kontrol yang baik terhadap

kontrol fosfor yang ada serta sangat berguna dalam sistem casting operasinya. Dimana fosfor yang ada akan mampu menekan temperatur likuidus dengan mengusahakan sifat besi yang ada tetap dalam kondisi cair serta dalam posisi yang lama dalam usaha untuk meningkatkan sistem sifat fluiditas yang ada.

Agar besi cair yang telah dilipatgandakan pada jarak besinya tersebut akan bisa mencair, maka perlu adanya penambahan sifat fosfor yang ada sebesar 1 %. Karena untuk bisa mendapatkan sifat besi yang ideal dengan fosfor 0,2 % hingga 0,55 % pada pekerjaan pengecoran pada turner itu bisa dicapai dengan konsentrasi sebesar 10,2 % dengan menggunakan efek maksimum dengan suhu sekitar 500 °C dan dengan pengisian cetakan mempergunakan volid yang jumlahnya lebih sedikit terhadap besi yang dihasilkannya juga akan berkurang secara menyusut. Guna membuat hasil cor besi yang sangat halus serta kompleks maka memungkinkan adanya sistem pada fluiditas yang ekstrim tetapi hasilnya bersifat tidak punya kekuatan sehingga tidak bisa digunakan sebagai bantalan berat.

Ada dua solusi yang akan kita peroleh terhadap adanya sifat besi yang mempunyai sifat fosfor tinggi ini. Antara lain yang tertua dan termudah adalah dengan cara menghindarinya, karena apabila biji yang ada itu bersifat pendek dan dingin maka harus cari sumber baru untuk biji besinya. Sedangkan untuk metode sebagai solusi keduanya adalah

pada saat terjadi proses suatu benda dengan akan menambahkan pada oksida besi serta dengan melibatkan oksida fosfor yang ada. Teknik ini biasanya berkaitan dengan proses sistem puddling. Dimana kita mengetahui bahwa unsur fosfor ini mempunyai sifat kontaminan yang sangat merugikan karena hal ini bisa menjadikan suatu baja menjadi lebih rapuh bahkan hanya pada konsentrasi sebesar 0,6 %. Akhirnya kita akan menggunakan asam fosfat sebagai konverter anti karat karena hal ini disebabkan fosfor juga tidak akan mudah dihilangkan oleh suatu fluks atau pada suatu proses peleburan. Disamping karena zat besi fosfat itu sendiri sangat kurang rentan terhadap proses oksidasinya dan umumnya biji besi itu harus juga rendah terhadap kandungan fosfornya. Karena unsur fosfor akan sangat mempengaruhi adanya sistem pencampuran dan dari hasil akhir yang lebih optimal terhadap unsur fosfor ini sangat diharapkan untuk hasil yang lebih maksimal.

Aluminium (Al)



Gambar 18. Aluminium

Sumber: Encyclopedia of Minerals, 2019

Aluminium atau unsur kimianya sering disebut dengan Al ini kebanyakan berasal dari tanah liat serta batuan kapur atau batu gamping, yang penggunaannya dengan mencuci biji-biji aluminium yang ada sebelum akhirnya masuk pada proses peleburan. Hingga pada pemanfaatan pada adanya penggunaan tungku batu berbaris pada kontaminasi aluminium ini kecil maka tidak berdampak terhadap besinya maupun pada biji besinya itu sendiri. Ini disebabkan adanya erosi lapisan tungku oleh cairan slag dan pada sifat aluminium itu sendiri sangat sulit untuk mengurangi, sehingga apabila terjadi kontaminasi pada besi mengakibatkan hal tersebut tidak begitu bermasalah. Akan tetapi, ketika batu bata banyak digunakan sebagai tungku yang merupakan bagian dari *blast furnace* yang ada maka pada kontaminasi aluminium ini jumlahnya akan meningkat drastis, dimana ini akan mampu meningkatkan viskositas terak. Hal ini akan mengakibatkan adanya beberapa efek buruk yang terjadi pada operasi tungku karena dengan adanya terak tebal akan mengakibatkan perlambatan turunnya biaya serta perpanjangan proses yang ada. Akan tetapi, hal baru akan terjadi apabila aluminium yang tinggi tersebut juga akan mengakibatkan timbulnya kesulitan dalam menyadap terak cairnya, sehingga pada situasi ini akan mengakibatkan timbulnya tungku beku sebagai hasil kejadian yang paling ekstrim. Tetapi untuk permasalahan seperti ini akan ada beberapa jalan keluar yang baik dalam menghadapi seperti slag aluminium tinggi itu. Antara lain

dengan cara menghindarinya dan tidak mempergunakan sumber kapur atau bijinya yang mempunyai kandungan aluminium sangat tinggi. Karena dengan cara meningkatkan rasio fluks kapur tersebut akan mampu menurunkan tingkat viskositasnya.

Belerang (S)

Belerang yang dalam tanda senyawa kimia telah dituliskan dalam huruf S banyak terdapat dalam campuran batubara, dimana butiran biji belerang yang melekat didalamnya itu dapat dipisahkan melalui suatu proses kalsinasi.



Gambar 19. Belerang

Sumber: Encyclopedia of Minerals, 2019

Masalah yang paling serius diterima oleh ini biasanya adalah suatu bentuk besi pendek yang apabila terkena panas akan mempunyai sifat yang sangat rapuh didalamnya. Karena suatu besi akan sangat mudah dibentuk apabila dalam situasi panas serta dipukul secara berulang kali. Sebaliknya, apabila besi tempa tersebut bekerja dengan palu maka sudah dapat dipastikan bahwa potongan besi pendek panas tersebut akan pecah. Karena apabila besi baja atau sepotong besi

panas itu retak dipermukaannya secara terbuka, maka akan mengoksidasi karena lapisan oksida itu berfungsi memperbaiki retakan yang terbuka dengan cara sistem pengelasan. Dimana apabila terjadi retakan besar, maka akan menjadikan besi atau baja tersebut akan putus. Sebaliknya, apabila terjadi retakan kecil maka akan dapat mengakibatkan gagalnya objek yang ada selama pemakaiannya tersebut.

Besi pendek panas akan mulai bekerja dengan baik apabila bekerja pada suhu yang sangat rendah dengan menghindari sulfur jangan sampai lebih besar dari 0,03 %. Karena derajat sesak panas akan dapat dipergunakan dalam proporsi langsung pada jumlah yang hadir material belerang. Dimana kerja pada suhu yang rendah sangat membutuhkan usaha untuk fisik yang banyak dari forgeman disebabkan logam yang sama akan sangat sulit sekali untuk memperoleh suatu hasil yang sama. Apabila logam tersebut sering dipukul-pukul, padahal apabila suatu bar sedikit terkena kontaminasi belerang tetap saja akan dapat bekerja. Walaupun membutuhkan suatu usaha serta waktu yang lebih banyak karena promosi pembentukan besi putih dapat terjadi dalam belerang yang terkandung didalam besi cor. Untuk besi cor belerang yang bersifat tinggi sangat baik untuk dipergunakan sebagai pembuat cor-coran. Tetapi membuat besi tempa tersebut menjadi miskin, sehingga untuk mengantisipasinya dapat dipergunakan beberapa obat untuk kontaminasi belerang yang ada tersebut. Antara lain adalah menghindari, karena hal ini banyak

dipergunakan dalam suatu operasi yang ada sudah sejak dari dulu. Dimana batubara yang ada telah kita ketahui tidak banyak dipakai sebagai bahan bakar dalam proses peleburan yang dikarenakan telah banyak mengandung senyawa unsur belerang yang dapat menjadikan besi pendek panas. Karena suatu *iron masters* akan mencari biji lainnya apabila biji logam yang ada dan singkat tersebut akan berhasil menghasilkan panas.

Belerang ini akan dapat dihilangkan dari sekumpulan rangkaian bijinya hanya dengan melalui proses mencuci serta memanggang. Proses *roasting* itu sendiri adalah mampu mengoksidasi belerang untuk membentuk suatu senyawa belerang yang akan dioksidasi baik agar bisa lepas juga lolos kedalam atmosfer atau dapat melalui pencucian. Dalam kondisi hangat merupakan situasi yang paling tepat untuk memungkinkan meninggalkan biji piritik pada hujan. Dimana dalam kondisi gabungan hujan ini terhadap bakteri serta panas terhadap suatu proses oksidasi sulfida untuk sulfrat yang ada yang akan larut kedalam air. Tetapi secara operasional setidaknya dalam sejarah yang ada terhadap unsur besi sulfida (contoh : Pirit FeS_2), meski susunan mineral besi secara umum tidak dipakai untuk biji yang akan diproduksi dalam logam besi yang ada tersebut. Apabila dalam kecepatan geologi serta pada posisi proses yang sama maka hasil yang akan diperoleh dalam biji tersebut adalah *limonit gossan*. Belerang pada saat ini tidak akan menjadikan suatu permasalahan yang terbesar karena telah

ditemukan adanya obat modern sebagai suatu unsur penambahan yang dapat berupa Mangan. Seorang operator mesin haruslah tetap tahu mengenai seberapa banyak kandungan dalam besi yang ada, karena untuk menetralkan suatu proses yang ada tersebut setidaknya lima kali akan lebih ringan dari unsur Mangan. Hal ini dapat kita lihat dari adanya beberapa penampilan dari besi campuran pada tingkat Mangan yang ada dan kebanyakan dipakai untuk bisa menetralkan unsur belerang yang ada dengan menampilkan tingkatan pada unsur Mangan-nya itu sendiri.

Proses Peleburan

Besi Tuang / Besi Cor



Gambar 20. Besi Tuang¹⁴

Sumber: <http://logam.ceper.com>

Besi tuang atau yang biasa disebut dengan besi cor atau *cast iron* banyak dipergunakan oleh bangsa Cina Kuno sejak abad ke-5 SM. Besi ini digunakan untuk keperluan peralatan arsitektur, perang atau pertanian pada saat itu yang sering disebut dengan besi kasar yang banyak menggunakan *finery forge* dengan menggunakan batubara sebagai bahan bakarnya dalam prosesnya. Dimana tanur

¹⁴ Ibid.

yang pada saat itu mempunyai ketinggian sekitar 3 meter (10 kaki) yang terbuat dari batu bata yang tahan api dengan memperoleh saluran udara melalui penghembusan yang digerakkan secara manual melalui tangan yang jauh dari sebuah tanur tinggi yang modern. Ini salah satu faktor penyebab revolusi industri di Perancis, karena ketersediaan besi yang sangat murah, sehingga hal ini menjadikan tonggak dalam sejarah bahwa fungsi daripada besi tempa telah digantikan oleh besi tuang untuk tujuan tertentu yang disebabkan karena adanya harga yang sangat murah. Dimana kandungan karbon yang terdapat didalamnya itu tidak membedakan antara posisi besi tuang, besi cor, besi tempa dan besi baja pada saat itu. Dikarenakan besi mempunyai daya beli yang sangat murah, maka pada saat itu melahirkan adanya inovatif manusia guna membuat jembatan dari bahan besi baja untuk yang pertama kalinya. Tetapi karena besi merupakan salah satu bahan logam yang mudah terkena karat, maka mengakibatkan penggunaan besi dalam jangka waktu yang lama, sangat sulit ditemukan apabila dibandingkan dengan penggunaan logam yang berasal dari bahan unsur emas dan perak. Pada saat itu, pernah ditemukan adanya batu meteor yang banyak digunakan untuk keperluan pembuatan senjata sebagai alat pertahanan, karena batu ini sangat dihormati sebab berasal dari langit. Sehingga sering dipergunakan untuk menempa besi sebagai bahan dasar senjata juga alat-alat atau bahkan seluruh maupun sebagian spesimen yang akan

ditempatkan pada gereja. Disamping batu jenis ini hanya mengandung 7,5 % bahan dari unsur nikel dan sedikit sekali unsur besi yang akan ditemukan di atas permukaan kerak bumi yang tidak ada kandungan nikelnya. Sebagai bahan dasar pembuatan peralatan perang untuk besi merupakan bahan yang paling baik apabila dibandingkan dengan perunggu dan bahan lainnya. Meskipun unsur besi tersebut mempunyai sifat sangat rentan terhadap karat maupun korosi yang ada. Karena disamping besi mempunyai sifat yang awet juga bahannya lebih keras sehingga unsur besi mempunyai keuntungan sebagai pembeda jika dibandingkan dengan unsur bahan logam lainnya. Hal ini bisa kita lihat pada zaman dahulu dimana seluruh peralatan perang yang berbahan dasar perunggu digantikan dengan peralatan perang berbahan baku dari unsur besi itu membutuhkan waktu yang sangat lama. Karena prosesnya membutuhkan waktu selama berabad-abad, dan bukti nyata ini dapat dilihat pada peninggalan peleburan zaman kuno dari Suku Asmar, Tall Chagar Bazaar di Suriah bagian Utara dan Mesopotamia yang dibuat antara tahun 2.700 SM sampai dengan tahun 3.000 SM. Pada saat revolusi industri di Inggris, akhirnya besi kasar *pig iron* lebih diperhalus menjadi besi halus dan besi tempa atau besi batang dengan menggunakan sistem proses produksi inovatif. Sehingga pada tahun 1783, hal ini langsung dipatenkan oleh pemerintah Inggris dengan memberikan nama sebagai sistem proses *puddling* guna mengolah biji besi yang ada tersebut.

Biji Besi



Gambar 21. Biji Besi

Sumber: Encyclopedia of Minerals, 2019

Biji besi merupakan bagian gabungan senyawa antara atom besi dengan oksigen yang saling berikatan dalam suatu molekul yang biasa diperoleh dalam bentuk goethit, limonit atau siderit, magnetit (Fe_3O_4) dan hematit (Fe_2O_3). Biasanya banyak mengandung besi oksida serta ragam warna (dari abu-abu, kuning, ungu dan merah tembaga). Saat ini kebutuhan akan besi semakin meningkat karena penggunaannya secara proses eksponensial serta berkelanjutan. Akan tetapi, jumlah cadangan yang ada mulai berkurang karena jumlahnya yang tetap. Sedangkan untuk jenis besi batuan biasanya berwarna dari abu-abu, kuning, ungu, menjadi merah tembaga karena bervariasi serta kaya akan oksida dan seringkali kita temukan dalam jenis magnetit (Fe_3O_4), hematit (Fe_2O_3), goethite ($\text{FeO}(\text{OH})$), limonit ($\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n(\text{H}_2\text{O})$) atau siderite (FeCO_3) karena merupakan mineral dan biji besi batuan yang mempunyai sifat logam besi yang dapat secara ekonomis diekstrak. Biji besi alami atau yang sering disebut dengan biji pengiriman langsung karena merupakan

pembawa jumlah yang sangat tinggi jika dibanding dengan hematite atau megnetit karena lebih besar besi sekitar 60% sehingga dapat diberikan langsung dalam proses pembuatan besi *blast furnace*. Biji besi merupakan bahan baku pembuatan baja yang proses dasarnya dipergunakan dengan membuat *pig iron* dan sekitar 98% dari biji besi tersebut telah dipergunakan untuk membuat baja.

Penggunaan di Kendaraan Lapis Baja

Besi merupakan bagian dari penampakan yang mempunyai berbagai macam warna yang ada, dimana ada assental yang mempunyai warna putih hingga abu-abu yang untuk wujudnya sendiri memiliki sifat serta format yang bulat dan biasa disebut dengan sistem *round bars* yang mempunyai format kotak atau segi empat dan biasa kita sebut dengan *square bars*.



Gambar 22. Pabrik Kendaraan Lapis Baja

Sumber: Pindad, 2017

Bahan seperti ini biasa digunakan sebagai bahan dasar untuk membuat kendaraan lapis baja serta untuk keperluan pembuatan bahan yang lainnya yang biasa disebut dengan *shafting bar*, antara lain untuk pembuatan bahan-

bahan tempat duduknya, mut baut, rak, dinding pelindung bagi awaknya serta masih banyak lainnya. Tetapi sebelum digunakan dalam pembuatan kendaraan lapis baja ini untuk jenis baja seperti ini, sebelumnya banyak digunakan dalam pembuatan rakitan mobil untuk sipil. Sehingga diharapkan setelah berhasil dalam penggunaannya didalam proses pembuatannya, maka hal ini dilakukan pada tahap pembuatan kendaraan lapis baja. Disamping itu, bisa untuk menekan biaya produksinya yang lebih murah serta lebih mudah untuk melakukan peralihan fungsi dari mobil sipil biasa menjadi kendaraan tempur lapis baja dengan sedikit penambahan bahan-bahan unsur penunjang guna diperoleh kekebalan terhadap tingkat lapisan perlindungan pada sistem dinding kendaraan tempur tersebut. Dalam beberapa waktu ini, banyak negara yang telah membuat kendaraan lapis baja yang digunakan untuk pemenuhan suatu kebutuhan misi tertentu, antara lain pada divisi kementerian situasi darurat, kepolisian serta bagi angkatan perangnya sendiri. Hal ini dipengaruhi oleh misi khusus yang akan mereka jalani, sehingga bahan serta kekebalan besi sebagai bahan perlindungan juga sangat menyesuaikan pada kebutuhannya tersebut. Hal ini dilakukan untuk memperoleh hasil pemanfaatan fungsi besi yang sangat maksimal serta untuk memperoleh kemanfaatan serta penggunaannya itu sendiri secara optimal, sehingga tujuan untuk penggunaan besi dalam proses ini akan sangat berguna.

Salah satu contoh adalah dalam rangka pembuatan kendaraan lapis baja yang bersenjata kaliber besar dengan kendaraan lapis baja untuk kepentingan angkut personel. Dimana penggunaan besi dalam melindungi personel awaknya sangat berbeda antara satu dengan yang lainnya. Untuk kendaraan lapis baja angkut personel banyak dipakai kemanfaatan luas besinya untuk bisa mampu memberikan perlindungan terhadap personel yang diangkutnya, dibandingkan dengan kendaraan lapis baja untuk kanon berkaliber besar. Karena pada kendaraan kanon berkaliber besar ini dalam fungsi pemberian perlindungan hanya pada bagian-bagian tertentu saja, sehingga ketebalan antara sisi dinding depan, belakang, bawah, atas serta kubah untuk ketebalannya sangat berbeda baik dari segi kemanfaatannya serta pada segi perlindungan yang akan diberikan bagi para crew yang ada serta mengemudikan didalamnya.

Komposisi campuran untuk besi yang akan digunakan sebagai bahan dasarnya itu tergantung pada fungsi masing-masing bagian. Sehingga campuran komposisi yang akan dipakai itu juga sangat dipengaruhi oleh unsur-unsur logam baik besi maupun non besi yang akan dipergunakannya nanti karena untuk memperoleh hasil yang maksimal dalam penggunaan serta meminimalisir biaya serta bahan-bahan dasar dalam pembuatannya nanti.

Besi baja paduan merupakan baja yang banyak mengandung unsur-unsur

yang ada selain Besi (Fe) dan Carbon (C). Campuran besi ini biasanya mengandung unsur-unsur yang lain seperti Nikel (Ni), Chrom (Cr), Molibden (Mo), Titanium (Ti), Mangan (Mn) dan lain sebagainya. Sedangkan tujuan adanya penambahan pada unsur-unsur tersebut adalah untuk meningkatkan beberapa sifat-sifat yang ada, antara lain :

- a. Untuk meningkatkan sifat Toughness pada besi tersebut, yaitu sifat untuk meningkatkan adanya kekuatan pada daya tarik. Akan tetapi, hal ini akan berpengaruh pada sifat kehilangan guna sifat ulet tersebut.
- b. Adanya sifat mempunyai suatu kemampuan guna menahan sifat-sifat dasarnya yang berada pada posisi sertai kondisi suhu udara yang sangat tinggi.
- c. Memiliki kemampuan untuk meningkatkan pada sistem ketahanan terhadap karat juga sifat korosi dan sifat kekuatan apabila jatuh.
- d. Mampu memiliki daya guna untuk meningkatkan sifat kekerasan yang ada pada hasil besi campuran tersebut.
- e. Guna memiliki kemampuan untuk meningkatkan daya tahan kemampuan pada mesin yang ada.
- f. Adanya kemampuan untuk bisa meningkatkan sistem elastisitas atau kelenturan pada hasil besi campuran nantinya.

Kesimpulan

Adanya hasil dari pengaruh penambahan unsur-unsur yang ada pada campuran besi *alloy* tersebut dapat dihasilkan suatu senyawa unsur campuran material yang baru dengan melihat bahan baku dasar dari unsur campuran yang ada itu sendiri. Hal ini dikarenakan adanya sifat baru yang akan dihasilkan yang sangat dipengaruhi oleh beberapa unsur pencampur terhadap bahan-bahan dasarnya tersebut.

a. Alumunium (Al)

- Akan membentuk sifat Nitriding yang memiliki kemampuan unsur terbaru yang memungkinkan untuk bisa dimasuki oleh Nitrogen (N) sebagai senyawanya.
- Dipergunakan untuk menambah berat dari benda yang telah dihasilkan.

b. Carbon (C)

- Bisa menimbulkan sifat kuat pada bendanya serta akan lebih bisa keras lagi apabila melalui proses dikeraskan.
- Akan punya titik cair yang mampu untuk memuai serta mampu untuk dipakai las besi dan besi tempa.

c. Chrom (Cr)

- Mampu menjadikan kekerasan pada besi serta mampu untuk menahan panas juga menjadikan kuat serta tahan terhadap aus serta bisa menahan korosi juga

karat yang akan dihasilkan nantinya.

- Hasil besi yang dihasilkan akan mampu mempunyai sifat memanjang atau pemuluran yang lebih baik lagi dari sebelumnya.

d. Cobolt (Co)

- Selain mampu untuk menjadikan besi keras terhadap hasilnya juga mampu menahan panas. Juga ada kemampuan untuk adanya kekuatan buat memotong benda yang lainnya.
- Disamping itu juga mempunyai sifat keuletan dari besi campuran yang akan dihasilkan nantinya.

e. Hidrogen (H)

- Besi yang akan dihasilkan atas campuran dengan senyawa hidrogen ini akan membuat sifatnya menjadi rapuh serta mudah dipatahkan atau dipecahkan.
- Tetapi hasil lainnya adalah punya kemampuan untuk bisa menahan taktik terhadap besi itu sendiri.

f. Mangan (Mn)

- Bisa dipakai untuk menjadikan lebih kuat serta adanya sifat kekerasan secara total. Disamping itu juga mempunyai sifat tahan pukul terhadap besi tersebut juga adanya kemampuan tahan terhadap air.

- Kemampuan untuk mesin yang telah dicetak dengan memakai bahan campuran ini serta bisa untuk memisahkan unsur grafit yang ada pada bahan besi cor.
- g. Molibden (Mo)
- Membentuk sifat keras serta sifat tahan panas juga adanya kemampuan kekuatan untuk memotong.
 - Disamping untuk menimbulkan sifat keuletan terhadap produksi besi yang akan dihasilkan nantinya.
- h. Nikel (Ni)
- Dengan campuran ini akan menghasilkan adanya besi yang kuat serta bersifat ulet juga adanya sifat tahan terhadap korosi dan karat. Disamping menimbulkan kekerasan yang bersifat total menyeluruh juga adanya kemampuan tahan terhadap listrik.
 - Dapat menimbulkan adanya pemuatan pada besi pada saat dipanaskan serta dalam bentuk cairan.
- i. Nitrogen (N)
- Hasil besi yang akan dihasilkan nantinya bersifat kuat akan tetapi rapuh karena adanya percampuran dengan unsur gas yang ada.
 - Tetapi besi yang dihasilkan nantinya akan berusia tahan
- lama serta sangat awet dalam pemakaiannya dikehidupan sehari-hari.
- j. Pospbor (P)
- Biasanya besi yang dihasilkan dari campuran ini akan bersifat encer, disamping mempunyai sifat rapuh serta cepat dingin juga akan tahan terhadap panas.
 - Disamping hal itu terhadap besinya akan mempunyai sifat tahan terhadap pukulan juga adanya sifat penurunan yang lebih baik.
- k. Silisium (Si)
- Pada hasil campuran akan dihasilkan adanya sifat yang lentur atau elastisitas yang lebih baik serta kuat dan juga mempunyai sifat tahan terhadap karat serta korosi.
 - Mampu untuk dipakai memisahkan unsur grafit yang ada terdapat pada bahan senyawa unsur besi cor tersebut juga adanya kemampuan untuk las besi.
- l. Sulfur (S)
- Sifat yang dihasilkan dari campuran ini adalah kental serta mampu untuk memotong, akan tetapi sifatnya sangat rapuh serta mudah sekali menjadi panas.
 - Disamping itu besi yang dihasilkan ini akan mampu untuk lebih tahan pukul.

- m. Wolfram (W)
- Hasilnya nanti akan mendapatkan besi yang bersifat keras serta punya kemampuan untuk tahan terhadap panas juga adanya kemampuan untuk tahan terhadap korosi juga karat yang ada.
 - Tetapi akan mudah untuk memuai dalam bentuk cairan ataupun apabila besi dalam kondisi dipanaskan.
- n. Vanadium (V)
- Punya sifat untuk tahan lama dalam usia pemakaiannya serta keras juga bersifat ulet dan mempunyai kemampuan untuk tahan terhadap panas.
 - Disamping hasilnya akan mempunyai kepekaan yang baik terhadap suhu juga temperatur yang tinggi.

Daftar Pustaka

Buku

- Ashby, F. Michael. 2005. *Material Selection in Mechanical Design*. New York: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Callister Jr. D. William, Rethwisch G. David. 2014. *Materials Science and Engineering*. New Jersey: John Wiley & Son Inc.
- Korbe, Petr and Novak, Milam. 2001. *The Complete Encyclopedia of Minerals Description of over 600 Minerals from around the world*, Grange Books.
- Kristian. H. Sugiarto. 2009. *Dasar-dasar Kimia Non-Organik dan Non-Logam*. Surabaya: Cahaya Ilmu.
- Morales V. Eduardo. 2011. *Alloy Steel Properties and Use*. New York: In Tech.
- Ridhowati, Sherly. 2011. *Mengenal Pencemaran Lingkungan*. Bandung: Graha Ilmu.
- Mulyono, Panut. 2017. *Analisis Sistem Teknik Kimia*. Yogyakarta: UGM Press.
- Sofyan, Bondan T. 2011. *Pengantar Material Teknik*. Jakarta: Salemba Teknika.
- Surdia, Tata. 2013. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: CV. Balai Pustaka.
- Sumar, Hendayana. 2006. *Kimia Pemisahan*. Malang: CV. Rosda.
- Sukandarrumidi. 2010. *Geologi Mineral Logam*. Yogyakarta: UGM Press.
- Tambunan, R. Lilis. 2017. *Pengantar Kimia Dasar*. Jakarta: CV. Budi Usaha.

Website

- <http://logam.ceper.com>, aluminium-dalam-pengecoran-bahan-logam, diakses pada 11 Januari 2018.
- <http://logam.ceper.com>, karakteristik-stainless-steel, diakses pada 10 April 2018.